

Halmi Lajos

Az emberi tényező szerepének vizsgálata korszerű diagnosztikai és információtechnológiai eszközök alkalmazásával – különös tekintettel az orvosbiológiai monitorozás területére a repülésbiztonság aspektusából

A hosszú ideje tartó, folyamatos növekedési ütemével a légi közlekedés meghatározó szektorrá vált a közlekedési ágazatokon belül. Emellett a légtér napjainkra meghatározó gazdasági erőforrássá nőtte ki magát, úgy, hogy eddig szinte csak hagyományos (pilótás) repülési feladatokkal volt ellátva. Ez már most jelentős terhelést jelent a területen dolgozó szakemberek számára, főleg a repülő-hajózó állományra. Ezért kiemelten fontos releváns információval rendelkezni a pilóták élettani státuszáról, illetve biztosítani az állapotmonitorozás műszaki és repülőorvosi feltételeit. Az orvosi kockázatok felismerése és a kezelésükre tett javaslatok igen fontos tényezők az általános repülésbiztonság fenntartásában, ezért a kutatásoknak ezen a területen mind repülésbiztonsági, mind műszaki-technikai szempontból kiemelt szerepük van. Az új technológia és tesztelési módszerek bevezetése és azok alkalmazása további, részletekbe menő, tudományos eredményekkel igazolt kutatásokat igényel. Ezek a változások számos kihívás mellett rengeteg lehetőséget is magukban rejtnek, amelyek feltérképezése és tudományos igényű vizsgálata katonai és nemzetvédelmi érdekeket szolgál, mivel nagymértékben hozzájárulhatnak a honvédelem által meghatározott célkitűzések eléréséhez, és ezen keresztül a béke- és békétől eltérő időszakokban szükséges információs uralomhoz, valamint vezetési fölényhez.

Kulcsszavak: emberi tényező, repülési eljárások, CRM¹, diagnosztika, információtechnológia, kockázatelemzés, repülésbiztonság

1. Bevezetés

A repülés napjainkra általánossá és konstans tényezővé vált mind a polgári, mind a katonai szegmensben, amiből fakadóan jelentős hatást gyakorol a gazdasági, kereskedelmi, politikai, katonai és más egyéb kiemelkedő területek egészére. Ezek az impulzusok komplexek és számottevő hatásuk van. A repülések megnövekedett száma szükségszerűen eredményezi a hibalehetőségek előfordulásának növekedését is. A jelenlegi repüléseket kiszolgáló repülőeszközök magasabb szintű technológiai hátteret és kiemelkedő automatizálási és elektronikai platformot képviselnek.

¹ Crew Resource Management.

Az említett tényezők tükrében számottevő figyelmet kell fordítani az emberi tényező szerepének megkerülhetetlen kérdésére a levegőben és a földön egyaránt. Vizsgálni kell a repülésbiztonság területére gyakorolt hatásait, azonfelül tudományos feltárás céljából elengedhetetlen azokat értelmezni, illetve rendszerezni. A hagyományos légi közlekedésben a közelmúltig nem alkalmazták a korszerű technológia által kínált lehetőségeket, noha ennek a területnek a bevonásával nagymértékben növelhető az emberi tevékenység által generált információk megismerése és feldolgozása. A repülési eljárások biztonságának szavatolása kulcsfontosságú, annak az optimális integrálása és alkalmazása mindannyiunk alapvető érdeke.

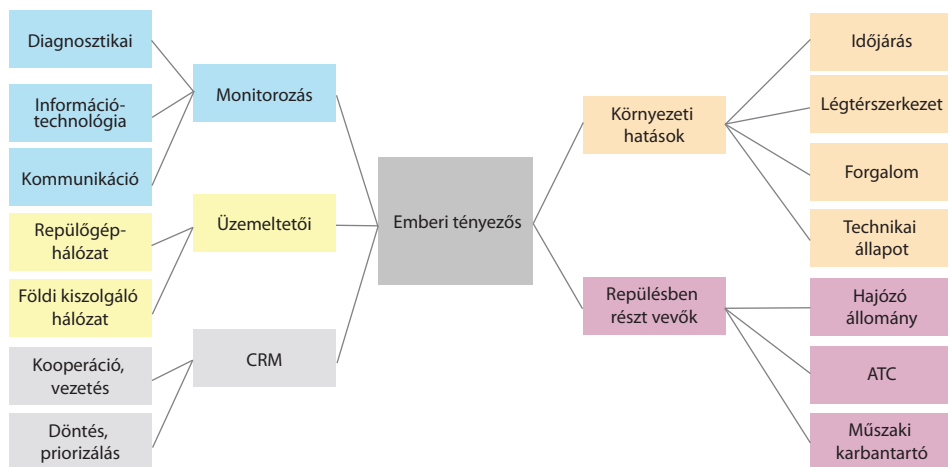
Jelenlegi környezetünkben a polgári és a katonai területen egyaránt felértékelődött a kapcsolódó eljárások fejlesztésének szükségessége, amelyek lényegi változásokat képesek eredményezni. Mindkét terület képviselőinek érdekeit szolgálja a meglévő protokollok fejlesztése, amelyen keresztül megvalósulhat egy magasabb repülésbiztonsági szint.

A kutatás célja, hogy feltérképezze, beazonosítsa és megvizsgálja azokat az innovatív technológiai megoldásokat és adekvát protokollokat, amelyek közvetlen hatást gyakorolnak a katonai és polgári légi forgalom, illetve a humán faktor jövőjére a repülésbiztonság aspektusából. Mindeközben elemezi azok információtechnológiával összefüggő interdiszciplináris aspektusait reális és virtuális környezetben egyaránt, válaszolva az alábbi főbb kérdésekre:

1. Milyen elvek és tapasztalatok mentén lehet determinálni az emberi tényező szerepét a légi közlekedés egészében?
2. Hogyan befolyásolják a humán faktorial összefüggő kockázati tényezők a légi közlekedés egészét a repülésbiztonság nézőpontjából?
3. Melyek azok a diagnosztikai és korszerű információtechnológiai megoldások, amelyek az érvényben lévő humán faktorial kapcsolatos procedúrákat meghaladó módon garantálhatják a katonai és polgári repülés biztonságát?

Az imént megfogalmazott kérdések megválaszolásával a kutatás hozzájárulhat a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program eredményeihez, a Magyar Honvédség, illetve a polgári légi közlekedés folytonosan bővülő és változó közegéhez. Fontos hangsúlyozni, hogy a korszerű információtechnológiai struktúrák, valamint a mesterséges intelligencia eszközeivel támogatott komponensek elterjedése a légi közlekedésben jelentős értéket adhat az emberi tényező kérdéseihez köthető adatok információfeldolgozásának javításához, ennek azonban szükséges előfeltétele a jelenlegi légiközlekedés-biztonsági kutatások ismerete. Az előre jósolható fordulatok számos lehetőséget rejtenek magukban, amelyek tanulmányozása és vizsgálata repülésbiztonsági érdekeket szolgál. Megemlítik, hogy a légi közlekedés magasan fejlett technológiát használ, amelyben folyamatosan új rendszerek, forradalmian új eszközök jelennek meg. E csúcstechnológia megalkotása és üzemeltetése rendkívüli tudást, szervezést és magasan képzett szakemberek szorosan összehangolt munkáját igényli [1].

A problémafelvetéseimet és egyben kutatási területem részegységeinek (vizsgálatom tárgyának és egyben témájának) bemutatását az 1. ábrán látható fogalomtérképpel kívánom szemléltetni. Ezen az emberi tényezőt befolyásoló, széles spektrumú és többtényezős struktúrát illusztrálok, amely fokozatosan bontakozik ki. A bemutatás szakaszos, ahol az átfogóbb területek irányából halad a specifikusabb fogalmak felé. A terület komplexitása és vizsgálatának szükségessége szemléletes formában rajzolódik ki a kép nyújtotta információk segítségével.



1. ábra
Fogalomtérkép [a szerző]

2. Az emberi tényező szerepe a légi közlekedésben

Az emberi tényező kulcsfontosságú szerepet játszik a repülőgépek biztonságos üzemeltetésében. Magában foglalja a pilóták, a repülőgépkezelő-személyzet, ATC², műszaki személyzet és más repülési személyzet cselekedeteit, döntéseit és állapotát. A repülési tevékenységek során az emberi tényező lehetőséget ad a hibákra, amelyek negatív hatással lehetnek a repülés biztonságára [2]:

- kommunikáció hiánya;
- elbizakodottság;
- tudás hiánya;
- figyelem elterelődése;
- csapatmunka hiánya;
- kifáradás;
- erőforráshiány;
- időbeli nyomás;
- asszertivitás hiánya;
- stressz;
- helyzettudatosság hiánya;
- normák.

Az emberi hiba vizsgálatához három különböző megközelítési módszer létezik: okként, eseményként és következményként tekinthetünk ezekre, s ennek segítségével mutatják be a hiba különböző aspektusait. Az első megközelítés szerint a hiba egy ok lehet. Ebben az esetben a hangsúly az olyan tetteken van, amelynek valamilyen légi közlekedési esemény lesz

² Air Traffic Control.

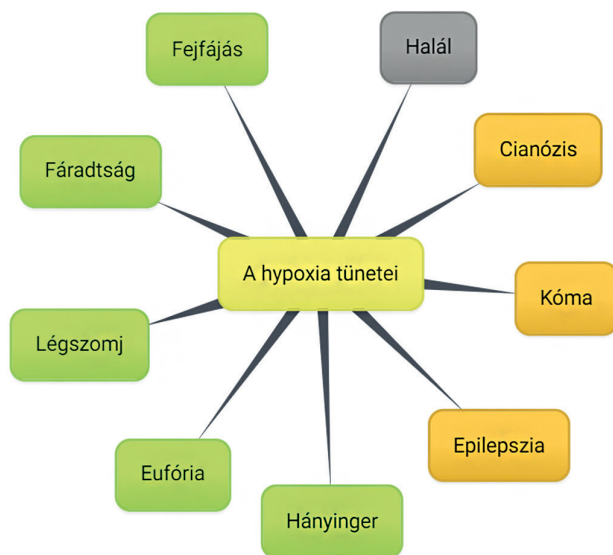
a következménye. A második megközelítés azt hangsúlyozza, hogy a hiba egy értelmezhető esemény. Ebben az esetben a hibafelfogás az emberi cselekedetre összpontosít, függetlenül attól, hogy a hiba okoz-e káros következményt. A hibát felismert jelenséggént kezelik, mivel a hiba észlelése megtörtént. Például egy ellenőrzőlistában elhagyott lépés nem feltétlenül vezet azonnali problémákhoz, de az elkövető mégis hibaként értékeli azt. A harmadik megközelítés szerint a hiba következményként is értelmezhető. Itt az emberi hiba és a káros következmény közötti összefüggést hangsúlyozzuk, vagyis a kettő között egyenes ok-okozati kapcsolatot feltételezünk [3]. Ez a megközelítés gyakorlatilag összekapcsolja a hibás cselekedetet a következménnyel. Másik megközelítés szerint az emberi hiba lehet láthatatlan, de mégis közvetlenül okozhat káros következményeket. Ezek a rejtett hibák a rendszerben húzódnak meg, gyakran jelen vannak, és bár nem mindig válnak láthatóvá, mégis rejtett módon káros hatásokat fejtenek ki. Mégis a legkedveltebb modell talán a Reason-modell, amely tárgyalja, hogy a humán hibák gyökereit a repülésben részt vevő szervezetek működésében kell keresnünk [4]. Ennek a megközelítésnek a középpontjában az áll, hogy a hibák lépésről lépésre kibontakozó okait kell felderítenünk, olyan mélyen rejtőző kapcsolatokat kutatva, amelyek fokozatosan vezetnek a hiba kialakulásához. Rávilágít arra, hogy vannak olyan rejtett tényezők, amelyek a szervezeti kultúrába és a szabályrendszerbe beépítve előkészítik az emberi hibákat. Ebben a modellben a hiba szerepe kulcsfontosságú, ellentétben más megközelítésekkel, amelyek szerint maga a hiba az ok, és az emberi szerepet kell automatizálással csökkenteni, miközben a rendszert védi. Azonban Reason elképzelése szerint jobb elfogadni, hogy a légi közlekedés rendszere alapvetően kockázatokat hordoz és alapvetően nem biztonságos. Az emberi hiba nem a rendszer véletlenszerű rossz működésének következménye, hanem a rendszerben meglévő rejtett körülmények eredménye.

3. A humán faktorral összefüggő kockázati tényezők befolyása a repülésbiztonság nézőpontjából

A repülés mint háromdimenziós dinamikus helyzetváltoztatási képesség olyan komplex kihívást jelent az emberi fizikai és szellemi képességek számára, amely az élettani és pszichés területeket is érinti. Ezek a kihívások a repülés dinamikájában és intenzitásában messze meghaladják az emberi evolúció során kifejlődött, a faj szintjén jelentkező fiziológiai reakciók és agyi keringés reflexeinek adaptív válaszkészségét. Az új kabintervezési megoldások és a technikai rendszerek redundanciája, ideértve a mesterséges intelligencia öntanuló képességeit is, minimalizálja a pillanatnyi technikai hiányosságok okozta veszélyhelyzeteket. Az emberi faktor azonban továbbra is a repülésbiztonság gyenge pontja marad a „ember–gép–környezet” dinamikus rendszerében. A pilóta emberi tényezője a leginkább kiszámíthatatlan komponens a repülésbiztonság terén. Ez a tényező nem csupán a repülésbiztonsági kérdéseket érinti, hanem a harci készséget és a hadrafoghatóságot is befolyásolhatja azáltal, hogy korlátozó tényezővé válhat a modern harci technika irányításában, kezelésében és a katonai feladatok végrehajtásában [5]. Az egyik legalapvetőbb és egyben legfenyegetőbb veszély a hypoxia.³ Akkor beszélünk erről a kóros állapotról, ha a vérben, a szövetekben és a sejtekben nem kering elegendő oxigén a normál testi funkciók fenntartásához. Emberként nem arra vagyunk

³ Oxigénhiányos állapot.

tervezve, hogy olyan magasságban létezzünk, mint amilyen magasságban a mai korszerű repülőgépek repülnek. A tüdőnek nincs meg a kapacitása és a képessége, hogy a magasan fekvő, alacsony oxigénsűrűségű környezetben a lehető legjobban működjön. Nagy teljesítményleadásnál a légzés az aerob energianyeréshez szükséges fokozott oxigénfelvételt nem tudja biztosítani a keletkezett tejsavval, valamint a felhasznált tartalékokkal egyenértékű oxigénhiány keletkezik [6].



2. ábra
A hypoxia tünetei [a szerző]

A testi funkciókat érintő nyilvánvaló problémákon kívül a légi közlekedési környezetben a hypoxia elsődleges veszélye abból adódik, hogy az ebben az állapotban szenvedő emberek általában nem feltétlenül érzik az állapot kialakulását, vagy nem veszik észre, hogy ez történik, ami azt jelenti, hogy a hatások (a kognitív és fizikai teljesítmény csökkenése) egy ideig észrevétlenek maradhatnak. Két általános módszer létezik a hypoxia megelőzésére a repülésben. Az egyik a repülőgép kabinjának nyomás alá helyezése (a légnyomás mesterséges növelése). A másik módszer a levegőben lévő belélegezhető oxigén mennyiségének növelése kiegészítő oxigéntermelő rendszerrel (oxigénmaszk viselése) [7].

Célom, hogy kutatásom során olyan mélyreható és kiterjedt vizsgálatokat folytassak, hogy képes legyek olyan javaslatok megtételére, amelyek válaszok lehetnek a jelenlegi légi közlekedésben fellelhető legégetőbb biztonsági kérdésekre. Ezek az eredmények nem csupán egy adott területen dolgozó személyzet problémáit kívánják felülvizsgálni, hanem a légi és űrközlekedésben minden érintett szakemberét egyaránt.

4. Korszerű diagnosztikai és monitorozási alternatívák

A biomonitorozás repülés során fontos tényező lehet a repülésbiztonság és az utasok, illetve a személyzet egészségének megőrzése szempontjából. Ennek során a test biológiai jeleit, például pulzust, vérnyomást, légzést, testhőmérsékletet és más fiziológiai paramétereket figyelik és rögzítik, hogy azok alapján értékeljék az utasok és a személyzet jóllétét.

A repülés során a következő területeken használható a biomonitorozás:

- utasok egészségének figyelése: a repülőgépen történő biomonitorozás lehetővé teszi az utasok egészségének és jóllétének folyamatos nyomon követését. Ez különösen fontos hosszú távú járatok során, ahol az emberek hosszú órákat töltenek a levegőben;
- repülőszemélyzet egészsége: a pilóták és a kabin személyzete fizikailag és mentálisan is megterhelő munkát végez a repülés során. A biomonitorozás segíthet azonosítani a stresszt és a fáradtságot, ami növelheti a repülésbiztonságot;
- azonnali segítségnyújtás: a biomonitorozás a repülőgépeken lehetővé teszi a repülési személyzet és a személyzet számára, hogy gyorsan észleljék és reagáljanak a vészhelyzetekre, például szívrohamokra vagy más egészségügyi problémákra;
- a repülésirányító és műszaki szakemberek egészségének figyelése. Náluk is jelen van a megnövekedett leterheltség és stressz, amelyek drasztikusan felgyorsítják a fáradtság kialakulását;
- hosszú távú egészségfigyelés: a repülőszemélyzetnek rendszeresen orvosi vizsgálatokat kell végeztetniük hosszú távú egészségük fenntartása érdekében, mivel a magasra emelkedett körülmények, a napfény-expozíció és más tényezők hatással lehetnek az egészségre.

A biomonitorozás lehetőségei a repülési szektorban folyamatosan fejlődnek, és olyan technológiák is rendelkezésre állnak, amelyek lehetővé teszik a repülési személyzet és az utasok egészségének valós idejű figyelését. Ez a módszer az egészségügyi biztonság egyik fontos eleme a repülési iparágban, és hozzájárulhat a repülési környezet javításához és a vészhelyzetekre való gyorsabb reakcióhoz [8].

A teljesítménydiagnosztika szerves részét képezi a korszerű diagnosztikai megoldások rendszerének [9]. Az emberiteljesítmény-diagnosztika egy olyan terület, amely az emberi képességek, készségek teljesítményelemzésből kinyert eredményeit használja fel annak érdekében, hogy jobban megértsük az egyének vagy csoportok teljesítményét a különböző területeken. A célja az, hogy meghatározza az egyén erősségeit és gyengeségeit, hogy lehetőséget teremtsen a tovább fejlődésre, illetve a hatékonyabb teljesítmény elérésére. Ezek az elemzések segíthetnek az oktatásban, a munkahelyi teljesítménymenedzsmentben, a sportban és természetesen a légi közlekedésben is. A teljesítménydiagnosztika számos eszközt és módszert foglal magában, például tesztek, értékeléseket, interjúkat, méréseket és monitorozást. Fontos, hogy az értékelés objektív és megbízható legyen, és az eredményeket a megfelelő kontextusban értelmezzék. Emellett a személyes adatvédelemre és etikai szempontokra is ügyelni kell az emberi teljesítmény diagnosztikája során. A teljesítmény hatékony mérése, elemzése és javítása a szervezeti sikert pozitív irányba befolyásolja [10].

5. Összegzés

Az emberi tényező szerepének repülésbiztonsági fókusszal való feltérképezését megkezdtem. Elsődleges célom, hogy kiemellem és hangsúlyozzam ezt a permanensen változó és sokrétű területet, amely kiemelt kockázati faktort jelent minden típusú repülési feladatban, legyen az a Föld légterében vagy azon kívül. Széles körű irodalomkutatást és mélyinterjúkat kezdeményeztem a témakörben. Ezt összevettem saját szakmai tapasztalataimmal, és analizáló munkát követően szintetizáltam ismereteimet, illetve vizsgálom ezeknek viszonyait és hatását a repülésbiztonságra. Ezek alapján feltártam, hogyan kellene felépíteni a humán tényező diagnosztikáját. A tanulmányban leírtak a következő feladatokat indukálták: a kutatásom során feltárt eredmények segítségével a humán faktor katonai kritikus környezetre, a légi közlekedés egészére, polgári-katonai szakemberekre gyakorolt hatását szükséges feltérképezni, miközben olyan ajánlásokat fogalmaznak meg, amelyek hozzájárulnak a Magyar Honvédség szakmai törekvéseihez. Továbbá elemezve a már rendelkezésre álló műszaki hátteret, illetve alkalmazói eljárásokat, ajánlásokat fogalmazok meg, amennyiben ez szükséges, az érintett területeken. Ezenfelül feltárom az adatgyűjtés és kísérleti tesztek keretén belül felmerült és vizsgált problémákat, kiemelve azok jelentőségét. Mindemellett a kutatott terület eredményeinek felhasználásával új szervezési rendek kidolgozását fejlesztem tovább, korszerű műszaki-technikai és információs megoldások adaptálásával. Végezetül átfogó javaslatokat teszek adott esetben jogszabályi, alkalmazói, illetve műszaki megoldásokra.

Felhasznált irodalom

- [1] Palik M. szerk., *Légiközlekedés-biztonsági kutatások*. Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem (NKE). 2021.
- [2] Dudás Z., „A leggyakoribb hibák a légi közlekedésben,” *Repüléstudományi Közlemények* 32. évf. 3. sz. pp. 51–59. 2020. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2020.3.4>
- [3] J. Reason, *Human factors*. Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- [4] J. Reason, *The Human Contribution*. Burlington, CRC Press, 2008. Online: <https://doi.org/10.1201/9781315239125>
- [5] Dunai P., et al., „Az oxigéndeficit repülésbiztonsági jelentősége és lehetséges magyarázata agyi pulzoximetria NIRS eredményei alapján, szimulált repülési stresszhelyzetben,” in *Repüléstudományi tanulmányok*. Szilvássy L., Békési, B. szerk., Budapest, Ludovika, pp. 11–42. 2021.
- [6] Balog L. szerk., *Bevezetés a sportdiagnosztikába*. Debrecen, Campus, 2015.
- [7] Southern Wings, Hypoxia in Aviation. *Southernwings.co.nz*, 2023. január 23. Online: www.southernwings.co.nz/hypoxia-in-aviation/
- [8] B. Mazur, 10 Essential Sensors for Body Sensor Networks. *Ignitec.com*, 2023. július 10. Online: www.ignitec.com/insights/10-essential-sensors-for-body-sensor-networks/
- [9] Györe I., Dunai P., Szabó S. A., „Teljesítménydiagnosztika alkalmazása a repüléstudományi kutatásokban,” in *Repüléstudományi tanulmányok. Repüléstudományi szemelvények*. Szilvássy L., Békési, B. szerk., Budapest, Ludovika, pp. 43–108. 2021.
- [10] W. B. Abernathy, *Human Performance Diagnostics*. [h. n.], Performance Management Publications, 2012.

Investigation of the Role of the Human Factor Using Advanced Diagnostic and Information Technology Tools with Special Emphasis on Biomedical Monitoring from the Perspective of Flight Safety

With its long-standing steady growth rate, air transport has become a dominant sector within the transport industries. In addition, airspace has become a major economic resource, whereas until now it was almost exclusively occupied by conventional (piloted) aviation. This is already placing a considerable burden on the professionals working in the field, especially the aircrew. Therefore, it is of paramount importance to have relevant information on the physiological status of pilots and to ensure the technical and aero-medical conditions for monitoring them. Medical recognition of risks and recommendations for their management are very important factors in maintaining overall aviation safety. Research in this area is therefore a priority from both a safety and a technical point of view. The introduction of new technology and testing methods and their application requires further detailed research, backed up by scientific results. These changes present many challenges, but also many opportunities, the mapping and scientific study of which is in the interests of military and national defence, as they can contribute greatly to the achievement of the objectives set by the Defence Forces and, through them, to the information dominance and leadership required in peacetime and beyond.

Keywords: *human factors, flight procedures, CRM, diagnostics, information technology, risk analysis, flight safety*

Halmi Lajos
doktori hallgató
Nemzeti Köszolgálati Egyetem
Katonai Műszaki Doktori Iskola
halmi.lajos@gmail.com
orcid.org/0009-0000-7501-9871

Lajos Halmi
PhD student
Ludovika University of Public Service
Doctoral School of Military Engineering
halmi.lajos@gmail.com
orcid.org/0009-0000-7501-9871
